Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

BIODIVERZITA A EKOLOGIE PRVOKŮ VYBRANÝCH VODNÍCH PLOCH TEPLIC A OKOLÍ

Barbora Jelínková, Marek Kasner

Gymnázium Teplice
Čs. dobrovolců 530/11, Teplice

OBSAH

1 ÚVOD 4

2 CÍLE PRÁCE 7

3 TEORETICKÁ ČÁST 8

3.1 EKOLOGIE PRVOKŮ 8

3.1.1 Vybrané abiotické faktory působící na prvoky 8

3.1.2 Vybrané biotické faktory působící na prvoky 9

3.1.3 Vodní biocenózy 10

3.1.4 Prvoci jako bioindikátory vod 10

3.2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÝCH KMENŮ PRVOKŮ 13

3.2.1 Prvoci (Protozoa) – celkový přehled 13

3.2.2 Krásnoočka (Euglenozoa) 13

3.2.3 Kořenonožci (Rhizopoda) 14

3.2.4 Paprskovci (Actinopoda) 15

3.2.5 Obrněnky (Dinoflagellata) 15

3.2.6 Nálevníci (Ciliophora) 16

3.3 POPISY LOKALIT 17

3.3.1 Barbora 18

3.3.2 Dolní rybník 19

3.3.3 Horní rybník 19

3.3.4 Modlanský rybník 19

3.3.5 Jezírko na Písečném vrchu 20

4 VLASTNÍ VÝZKUM 21

4.1 METODIKA A POUŽITÁ TECHNIKA 21

4.2 VÝSLEDKY 23

4.2.1 Barbora 23

4.2.2 Dolní rybník 26

4.2.3 Horní rybník 28

4.2.4 Modlanský rybník 31

4.2.5 Jezírko na Písečném vrchu 33

5 ZÁVĚR 35

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ: 37

7 SEZNAM OBRÁZKŮ: 39

1 Úvod

Prvoci byli po dlouhou dobu zcela neprozkoumanou a neznámou skupinou pozemských organismů. Vzhledem k jejich mikroskopické velikosti výzkum prvoků začal až v roce 1676, kdy za pomoci svého zdokonaleného „mikroskopu“ Holanďan Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) poprvé prvoky – převážně nálevníky – pozoroval. Tyto organismy nazýval „animacula“ (zvířátka). Po zveřejnění svých pozorování, o dva roky později (1678), potvrdil Leeuwenhoekovy nálezy holandský fyzik Christiaan Huygens (1629-1695), což nastartovalo další vědeckou činnost věnovanou právě těmto organismům [1.]. Později bylo zjištěno, že se prvoci vyskytují v senných nálevech (infusum), a tak se začal používat pro prvoky název Infusoria (dnes latinské označení nálevníků). Dříve hodně vědců považovalo prvoky za zárodky větších vodních živočichů [3.]. Po různých vědeckých dohadech o jejich původu započal kolem roku 1775 jejich skutečný experimentální výzkum. Přírodovědec Otho Fridericus Müller (1730-1784), původem z Dánska, sestavil první systém infusorií obsahujících kromě prvoků i planktonické mnohobuněčné organismy. Jeho kniha ale vyšla až po vydání spisů Carla von Linného (1707-1778), jehož pojmenování některých rodů a druhů se používá dodnes. Na začátku 19. století zažila protozoologie velký rozmach – formulovala se terminologie a toto období bylo kolébkou i pro taxonomický výzkum, v němž měl významnou roli, kromě dalších významných vědců, Němec Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876). Jemu můžeme mimo jiné vděčit za pojmenování četných rodů (např. *Amoeba, Arcella, Loxodes, Euglena, Euplotes,* atd.). Oblast protozoologie se začala postupně rozšiřovat a dosažené znalosti zdokonalovat. Velmi přínosným byl novodobý vynález elektronového mikroskopu, který zpřístupnil dříve nemyslitelné možnosti v pozorování těchto mikroskopických organismů [1.].

Zkoumání protozoí samozřejmě pokračuje i dodnes, přičemž problematickou částí se stala především taxonomie. Sekvenování DNA se nyní používá jako základní metoda k určování fylogenetických vztahů, které v případě prvoků nejsou ještě zcela vysvětleny. Názory na příbuznost se proto liší a existuje tak i mnoho teorií týkající se rozdělení eukaryotních organismů obecně [13.], [14.], [15.]. V dnešní době jsou tedy Protozoa[1] polyfyletickou[2] skupinou organismů a jejich systém se s dalším výzkumem nadále zpřesňuje

[1] Název Protozoa není v mnoha nových systémech eukaryot používán. Organismy dříve souborně označované jako prvoci jsou dnes členěny do různých taxonomických skupin podle příbuznosti. V naší práci používáme názvy jako „prvoci“ a „Protozoa“ z čistě praktického hlediska.

[2] Nejedná se o skupinu zcela příbuzných organismů.

[5.]. V naší práci jsme se pro větší přehlednost řídili systémem protozoí, který uvádí Rosypal a kol. (2003), ačkoliv se jedná v některých případech o nepříbuzné organismy (naši práci tento fakt nikterak neovlivnil). Říši prvoků rozděluje do celkem 10 kmenů: bičíkovci (*Mastigophora)*, krásnoočka *(Euglenozoa)*, kořenonožci *(Rhizopoda),* diktyostelidy *(Dictyostelida),* hlenky *(Mycetozoa)*, nádorovky *(Plasmodiophorida),* paprskovci *(Actinopoda)*, obrněnky *(Dinozoa)*, výtrusovci *(Sporozoa)* a nálevníci *(Ciliophora),* z nichž budou některé objektem výzkumu naší práce.

Co je ale důvodem výzkumu těchto mikroskopických, v našich podmínkách maximálně 2 mm velkých [5.], eukaryotních jednobuněčných organismů? Prvoci osidlují naši planetu více než miliardu let [4.] a jejich druhová rozmanitost je ohromující. Dnes je odhadováno přes 30 000 vyskytujících se druhů [13.], jež se dokázaly přizpůsobit rozmanitým životním podmínkám. K tomuto faktu zcela jistě přispěla schopnost využívání rozličných potravních zdrojů. Množství zástupců můžeme řadit mezi producenty (např. krásnoočka (*Euglenozoa)*, která spadají i do skupiny mixotrofních organismů), konzumenty I. i II. řádu a vědci dnes asi nejvíce zkoumané parazitické prvoky, jichž je přibližně čtvrtina dosud známých druhů (jmenujme např. zástupce rodu *Plasmodium* způsobující malárii, bičenky *(Trichomonas)*, trypanozómy *(Trypanosoma)*, lamblie *(Giardia)* a další). Na druhou stranu existují i zástupci symbiotičtí (např. bachořci), komenzální (měňavka střevní *(Entamoeba coli)*) a pro životní prostředí velice užitečné saprofágní druhy rozkládající organické látky, čímž se podílí na navracení živin do půdy nebo čištění vody. Hrají též důležitou roli ve společenstvech aktivovaných kalů v čističkách odpadních vod [8.].

Ekologie prvoků a jejich potravní vztahy jsou s tématy životního prostředí, jakým je např. pozorování čistoty vody, úzce spjaty. V mnoha případech jsou uváděny různé druhy jako významné bioindikátory. Soubor abiotických a biotických faktorů (viz kapitola „Ekologie prvoků“) určuje diverzitu a četnost populací různých druhů (v našem případě prvoků) a podmiňuje jejich výskyt [1.]. Nároky jednotlivých zástupců na vnější podmínky se v množství případů liší, někteří se ale dokáží přizpůsobit většímu spektru podmínek.

V naší práci jsme sledovali diverzitu prvoků v průběhu roku 2014 na pěti lokalitách v Teplicích a okolí (viz kapitola „Popis lokalit“). Výsledky jsme vyhodnocovali v závislosti na hodnotách zjištěných měřením teploty a pH vody a množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. Salinita pravděpodobně na biodiverzitu prvoků nemá vliv, neboť naměřené hodnoty (jak se dalo ve sladkovodním prostředí očekávat) byly velmi nízké, a proto jsou zmiňovány pouze pro zajímavost. V našem pozorování jsme se zaměřili především na výskyt druhů, které mohou

posloužit jako bioindikátory. Z jejich výskytu jsme se poté pokusili odhadnout kvalitu - znečištění vody v jednotlivých lokalitách.

Volně žijící sladkovodní prvoci stojí v porovnání s jejich parazitickými příbuznými na okraji lidského zájmu. Význam pro přírodu a stabilitu ekosystémů je ale obrovský, a jakožto jedna ze spodních složek potravního řetězce představují důležitý prvek v oběhu živin. V oblasti protozoární ekologie jistě není „list znalostí“ ještě zcela popsán a informace přibývají spíše pomalu, jak zmiňuje i např. Hausmann a Hülsmann (2003). Toto téma jsme si vybrali především pro jeho zajímavost vyplývající z relativní neprozkoumanosti a také pro užitečnost spojenou s pochopením přírodních dějů a monitorováním čistoty prostředí, které nás obklopuje. Dalším kritériem byla fascinace prvoky obecně – mikroskopické organismy žijící kolem nás, jejichž přítomnost si mnohdy ani neuvědomujeme. Na přírodu jako celek není možno se dívat pouze v makroskopickém měřítku, velká část je lidskému oku skryta, ačkoliv je přinejmenším stejně zajímavá jako ta, kterou se kocháme každý den.

2 Cíle práce

- Prozkoumání biodiverzity prvoků ve vodních prostředích pěti lokalit v Teplicích a okolí v průběhu roku 2014 a pozorování jejich výskytu v závislosti na naměřených hodnotách (zmíněných výše) a biotických faktorech.
- Porovnání výkyvů v početnosti rodů/druhů a převažujících kmenů prvoků v jednotlivých sběrech a vyhodnocení jejich příčin.
- Vyvození přibližných závěrů o čistotě vody zkoumaných vodních ploch pomocí rodů sloužících jako bioindikátory.
- Vytvoření DVD z nahraných videí pozorovaných prvoků, které by bylo možné použít přímo ve výuce biologie nebo individuálně jako pomůcka studentům či učitelům při určování rodů prvoků.

3 Teoretická část

3.1 Ekologie prvoků

Různé aspekty ekologie prvoků byly již stručně zmíněny v úvodu, zde se ale tímto tématem zabýváme podrobněji.

Prvoci jsou ubikvitní organismy (to znamená., že množství rodů se vyskytuje téměř ve všech částech světa). Ale i naopak: mezi prvoky najdeme druhy téhož rodu, obývající pouze určité světadíly (např.: nálevník rodu *Tetrahymena*, který se vyskytuje v mnoha druzích, z nichž některé byly nalezeny pouze na jednom světadílu) [1.]. Celosvětové rozšíření prvoků může být způsobeno přítomností navzájem podobných mikrobiotopů a též jejich zavlečením v kapkách vody nebo ve vlhkém prostředí. K rozšiřování napomáhá také roznášení cyst větrem [1.]. Proces encystace je pro široké spektrum prvoků velice užitečný, jelikož jim umožňuje překonávat nepříznivé vnější podmínky (nedostatek kyslíku pro druhy, které nejsou schopny dýchat anaerobně nebo překročení limitu pH)[8.]. Plazmodiální hlenky mohou tvořit tzv. sklerocia (klidová stádia), ve kterých přežívají i celé roky [1.].

Jak bylo zmíněno výše, na rozšíření prvoků mají vliv různé abiotické a biotické faktory. Ty od sebe v konečném zkoumání ekologie protozoí nemůžeme oddělovat, protože se navzájem prolínají a společně tvoří ucelený komplex. K abiotickým faktorům patří chemické (např. pH, koncentrace rozpuštěných plynů, vlhkost a iontová koncentrace) a fyzikální faktory (např. světlo, teplota, proudění vody). Důležité je poznamenat, že protozoa pro svůj život požadují alespoň minimální množství vody, která může být sladká i slaná nebo v podobě tkáňové či orgánové tekutiny, v nichž je voda hlavní složkou [1.].

3.1.1 Vybrané abiotické faktory působící na prvoky

Teplota je pro výskyt prvoků významným faktorem. Tolerované rozmezí většiny prvoků se pohybuje od bodu mrazu (pro přežívání mrazů je opět důležité stadium cysty) po 40°C, tedy teploty, kterou většina obývaných míst splňuje. Hanzák, Halík a Mikulová (1973) zmiňují jako ideální rozmezí teplot pro volně žijící prvoky 15-25°C. Na druhou stranu byly objeveny druhy žijící v extrémních teplotách (nálevník *Oxytricha fallax* žijící v termálních pramenech od teplot 41 - 56°C a některé druhy nálevníka rodu *Euplotes* přežívající v mořské vodě za teploty -2°C) [1.]. Teplota je úzce spojena se slunečním zářením, jež je zcela esenciální složkou fotosyntézy. Čím intenzivněji fotosyntéza probíhá (např. v letním období při namnožení fototrofních organismů (sinic, řas a krásnooček *(Euglenozoa)*), tím se snižuje obsah CO_2 ve vodě a zvyšuje

se hodnota rozpuštěného kyslíku. Odčerpávání oxidu uhličitého zvyšuje alkalitu vody. Některé druhy prvoků jsou na hodnoty pH citlivější (např. stenoiontní[3] nálevník *Spirostumum ambiguum* žije pouze ve vodách s hodnotami pH 7,4 až 7,6) [7.].

Dalším z důležitých faktorů je obsah rozpuštěného kyslíku. Jeho množství je závislé na různých vlivech. Ubývá např. při stoupající teplotě, přibývá při probíhající fotosyntéze nebo způsobením turbulencí vrchních vrstev vody větrem [7.]. Někteří prvoci mohou žít i v prostředí s velice malým množstvím rozpuštěného kyslíku nebo v prostředí, v němž se kyslík nevyskytuje vůbec (v kalech). Množství nálevníků žijících ve vodách s nízkými koncentracemi O_2 obsahují endosymbiotické zelené řasy rodu *Chlorella* (označované jako zoochlorely). Ty jim poskytují živiny ve formě cukrů a kyslík vyrobený fotosyntézou. Mezi takovéto symbiotické druhy patří druhy *Climacostomum virens* a *Paramecium Bursaria*, ve kterých se zoochlorely vyskytují fakultativně, a též některé druhy nálevníků rodů *Vorticella* a *Frontonia*. Některé druhy nálevníků *Loxodes* a *Spirostomum* vertikálně migrují v období letní stratifikace do vrstev vody, kde se vyskytuje rozhraní mezi vodou na kyslík bohatou a vodou bez kyslíku. Po zbytek roku tito nálevníci přizpůsobení k nízkým koncentracím kyslíku přežívají v sedimentech [1.].

3.1.2 Vybrané biotické faktory působící na prvoky

Mezi nejdůležitější biotické vlivy bezesporu patří zásoby potravy, kompetice mezi organismy a vztahy typu kořist - predátor.

Biocenózy prvoků nejsou stabilní a mohou se měnit v některých případech i během jediného dne, jak ukázaly laboratorní pokusy. Tyto změny jsou známé mezi různými karnivorními nálevníky a jejich kořistí - též nálevníky (*Hemiophrys - Vorticella; Didinium nasutum – Paramecium caudatum* ad.). Ve volné přírodě jsou vztahy „obohaceny“ o požírání prvoků metazoárními organismy. Mnozí jsou predováni rybím potěrem, vodními plži, ploštěnkami či máloštětinatými červi. Další zahynou v potravní kompetici s vířníky (*Rotifera*). Velká společenstva prvoků se objevují v prostředích se speciálními podmínkami, která nevyhovují právě mnohobuněčným organismům (např. anoxické prostředí), a tak se vyhnou konkurenčnímu tlaku vyšších složek potravního řetězce [1.].

Důležitým jevem v aquatických prostředích je tzv. sukcese. Jde o pořadí, ve kterém se v daném prostředí druhy objevují. Tento úkaz je pravděpodobně způsoben vyčerpáním specifických zásob potravy anebo dominancí různých predátorů. Konkurenční tlak mezi prvoky

[3] Vyskytující se pouze v malém intervalu pH.

je dán především specializací na různou potravu nebo její velikost, čímž je umožněna jejich vzájemná koexistence [1.].

3.1.3 Vodní biocenózy

Prvoci tvoří ve vodním prostředí významná společenstva ve dvou habitatech. Na živiny a organický materiál bohatší bentos je osidlován často větším množstvím prvoků než pelagiál [8.]. Různě velké a potravně specializované organismy, do nichž patří i prvoci, tvoří v rámci jednotlivých společenství složité potravní sítě.

Při postupném rozkladu organického materiálu (např. po ukončení vegetačního období řas) můžeme dobře pozorovat sukcesi prvoků. Za dobu přibližně 7-10 dní se začnou objevovat velké počty zástupců nálevníků (např. *Coleps hirtus, Paramecium caudatum, Chilodonella cucullus, Halteria, Colpidium, Cyclidium, Litonotus* a další). Zmínění prvoci se vyskytují přibližně po dobu tří týdnů, kdy intenzivně probíhají rozkladné procesy, hodnota rozpuštěného kyslíku je nízká a do vody se uvolňuje amoniak. Tato fáze se označuje termínem heterotrofní. Poté co se podmínky začnou zlepšovat, začnou převládat krásnoočka a řasy. Jedná se o fázi autotrofní [8.].

Jiné zástupce, vyskytující se při hnilobných procesech[4], zmiňuje Hanzák, Halík a Mikulová (1973). V období hnití se objeví někteří zástupci kmene Euglenozoa – *Euglena* a *Bodo* a nálevníci: *Paramecium, Colpidium, Tetrahymena* a *Vorticella.* Po další době, když hnití ustane, objeví se různé druhy měňavek a představitelé nálevníků, jimiž jsou rody *Chilodonella, Colpoda, Coleps, Stentor, Stylonichia* a *Aspidisca*. Charakteristickými zástupci nejméně závislými na hnilobných procesech objevujících se po konečném rozložení organických látek a vyčištění vody jsou např. *Amoeba proteus,* z nálevníků pak *Lacrymaria, Frontonia* a další. Jako zástupce anoxických vod bohatých na metan a sirovodík je uváděna *Pelomyxa palustris.* Mnoho z těchto uváděných druhů bylo objeveno i během našeho průzkumu.

3.1.4 Prvoci jako bioindikátory vod

Jakožto mikroskopické organismy s rychlým životním cyklem jsou prvoci vhodní pro pozorování znečištění vod. Pomocí těch, kteří plní funkci bioindikátorů, lze sledovat saprobitu (organické znečištění) a eutrofizaci (obohacení vody živinami – především dusíkem a fosforem) [25.]. Proces eutrofizace se překrývá se saprobitou [7.]. Velmi zjednodušeně můžeme říci, že

[4] Hnilobný proces je zde zmiňován na příkladu nálevu, nicméně je zmíněno, že shodné poměry se vyskytují i v přírodě.

saprobizace se projevuje především změnou biodiverzity a eutrofizace se projevuje narůstající biomasou daných zástupců [25.].

Tzv. limnosaprobitu[5] můžeme rozdělit na pět stupňů podle vzrůstajícího stupně znečištění: xenosaprobitu (nejčistší vody; prameny, stružky, malá koncentrace hnilobných látek), oligosaprobitu (vody pstruhového a lipanového pásma; malé organické zatížení; mírně vyšší biodiverzita), beta-mezosaprobitu (mírné organické znečištění; velká biodiverzita), alfa-mezosaprobitu (středně silné znečištění; pokles obsahu kyslíku; druhová rozmanitost se snižuje – odolnější druhy) a poslední stupeň znečištění polysaprobitu (největší zatížení organickými látkami; v některých případech až úplné odčerpání kyslíku; malá biodiverzita, ale velké populace).

[5] Povrchové i podzemní vody s různou intenzitou znečištění a s odlišnou strukturou společenstev [7.].

3.1.4.1 Seznam prvoků podle saprobity vody[6]

1) **Velmi čistá** – Xenosaprobionti

2) **Čistá** – Oligosaprobionti
   a) *Peridinium*
   b) *Ceratium*

3) **Znečištěná** – Beta-mezosaprobionti
   a) *Phacus*
   b) *Euglena*
   c) *Trachelomonas*

4) **Silně znečištěná** – Alfa-mezosaprobionti
   a) *Euglena*
   b) *Phacus*
   c) *Paramecium*
   d) *Loxodes*
   e) *Coleps*
   f) *Vorticella*
   g) *Stentor*
   h) *Stylonichia*
   i) *Dexistoma*
   j) *Uroleptus*
   k) *Heliozoa*
   l) *Lacrymaria*
   m) *Carchesium*
   n) *Flagellata*

5) **Velmi silně znečištěná** – Polysaprobionti
   a) *Euglena (virdis)*
   b) *Paramecium*
   c) *Loxodes*
   d) *Coleps*
   e) *Vorticella*
   f) *Stentor*
   g) *Stylonichia*
   h) *Dexistoma*
   i) *Uroleptus*
   j) *Heliozoa*
   k) *Lacrymaria*
   l) *Carchesium*

[6] Informace čerpány ze zdroje [25.].

3.2 Základní charakteristika zkoumaných kmenů prvoků[7]

3.2.1 Prvoci *(Protozoa)* – celkový přehled

Říše prvoků obsahuje jednobuněčné mikroorganismy. Jejich tělo, buňku, pokrývá buď plazmatická membrána, nebo proteinová či polysacharidová buněčná stěna. Někteří zástupci mohou tvořit schránky z organických nebo anorganických látek (např. kryténky). Pohyb může být zajištěn různým způsobem, nejčastější je použití brv (cilie), bičíků (flagella), panožek (pseudopodie), kdy dochází k přelévání cytoplazmy. Dalšími pohybovými adaptacemi jsou undulující membrány, svazky brv - cirry. Buňku vyztužuje tzv. axostyl.

Buňky prvoků obsahují jedno nebo více jader a další organely běžné pro eukaryotní organismy. Od ostatních eukaryotních organismů se liší přítomností potravních vakuol, sloužících k příjmu potravy a pulzujících vakuol, které zajišťují osmoregulaci i odstraňování odpadních látek. U některých zástupců se vyskytují chloroplasty získané sekundární endosymbiózou.

Převládajícím způsobem rozmnožování je rozmnožování nepohlavní (dělení, pučení a schizogonie). Vzácnější je pak pohlavní rozmnožování (konjugace a gamogonie). Některé druhy parazitických prvoků se vyznačují složitými životními cykly.

Důležitou schopností prvoků je tvorba cyst (kořenonožci a nálevníci) a spor (výtrusovci) [5.].

Druhy výživy viz kapitola **1 Úvod**.

3.2.2 Krásnoočka *(Euglenozoa)*

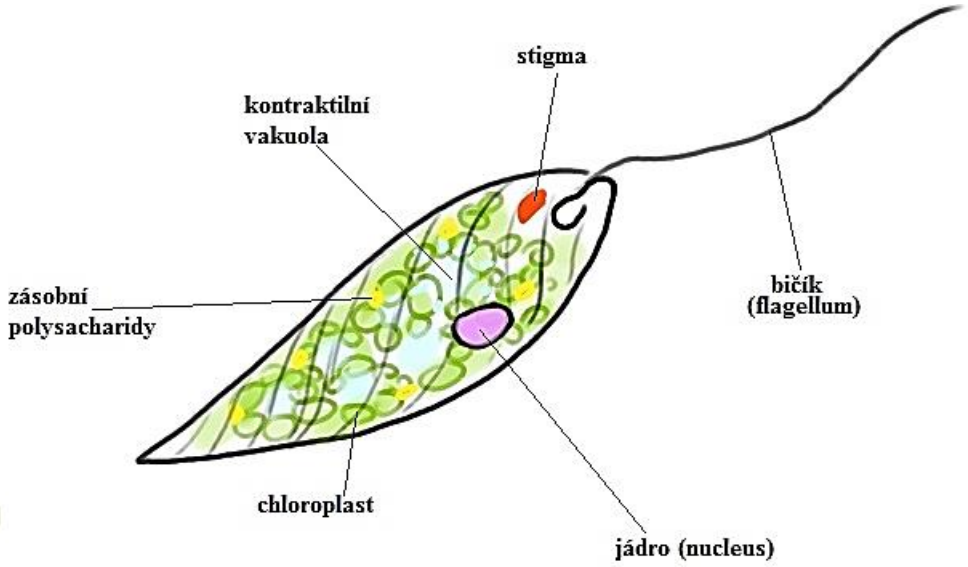
Pro eugleny je charakteristická přítomnost dvou bičíků na předním konci, z nichž bývá u některých zástupců jeden zakrnělý. Ten poté zůstává schovaný v tzv. ampuli.

Některé druhy krásnooček obsahují chloroplasty, jež byly získány sekundární enodsymbiózou, živí se mixotrofní. Druhy bez chloroplastů se živí chemoheterotrofně. Chloroplasty mohou různými způsoby trvale nebo přechodně ztratit. Množství druhů disponuje stigmatem (tělísko červené barvy) sloužícím k fototaxi. Buněčným obalem typickým pro krásnoočka je pelikula.

Častým projevem je tvorba klidových (palmelových) stádií. [5.]

[7] Kmeny prvoků jsou popsány stručně, neboť výzkum morfologie a fyziologie prvoků nebyl cíl naší práce.

Námi pozorované rody byly např. *Euglena, Anisonema, Peranema, Notosolenus, Phacus* a další.

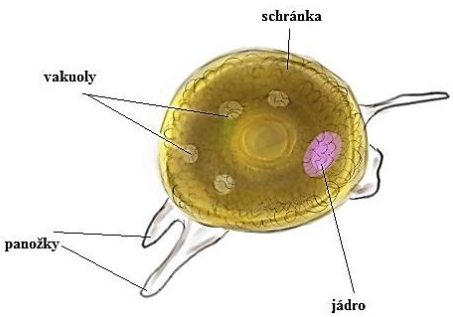


Obrázek 1. Popis Eugleny; kresba: Barbora Jelínková

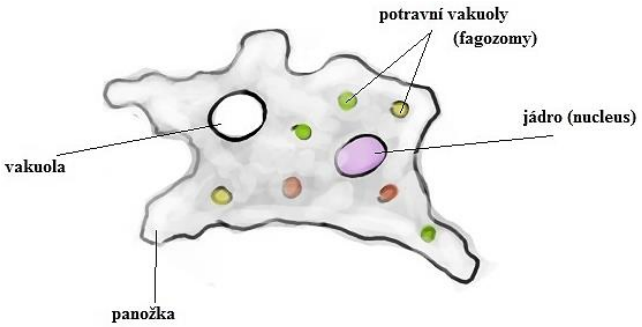
3.2.3 Kořenonožci *(Rhizopoda)*

Společným znakem pro kořenonožce je tvorba panožek díky kontrakcím ektoplazmy. Výživa je chemoheterotrofní, saprofytická nebo fagotrofní; potravu přijímají fagocytózou. Jedná se o polyfyletickou skupinu organismů. Kořenonožci obývají především vodní nebo vlhká prostředí, další řadíme k prvokům parazitickým (např. měňavka úplavičná *(Entamoeba histolytica)*, která způsobuje těžké průjmy).

Zástupci krytének *(Testacea)* se vyznačují tvorbou schránek z částeček substrátu (zrnka písku, schránky rozsivek…), mořští dírkonožci *(Foraminiferida)* vylučují schránky vápenité. Jejich pradávným předkům můžeme vděčit za vznik velkých nánosů vápenatých usazenin. [5.] Námi pozorované rody byly např. *Mayorella, Pelomyxa, Thecamoeba, Amoeba, Arcella, Diflugia* a další.



Obrázek 2. Popis Arcelly; kresba: Barbora Jelínková



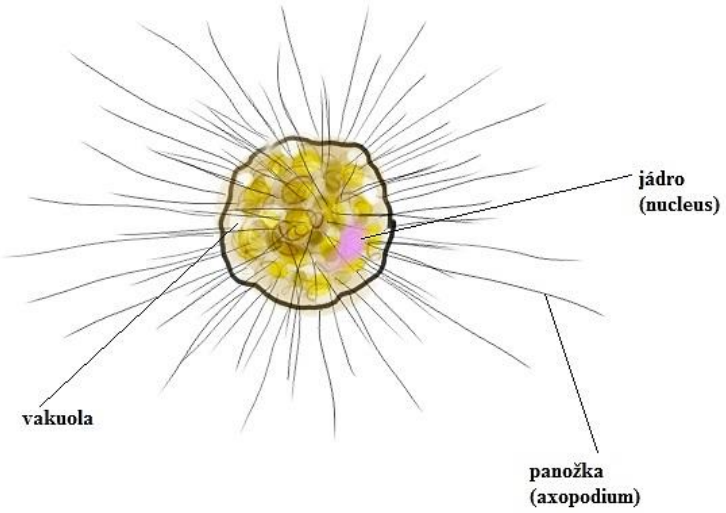
Obrázek 3. Popis Amoeby; kresba: Barbora Jelínková

3.2.4 Paprskovci *(Actinopoda)*

Kmen paprskovců se podobá kořenonožcům schopností vytvářet panožky, které vyztužuje pružný axostyl. Označujeme je jako axopodie. Uspořádání axopodií kolmo na povrch buňky dodává některým prvokům tohoto kmene vzhled připomínající zářící slunce. Díky této skutečnosti vznikl i název třídy slunivky *(Heliozoa)*. Zástupci slunivek se vyskytují ve sladké vodě a na vlhkých místech, jako např. na rašeliništích. Za pomocí axopodií lapají bakterie nebo prvoky, jedná se tedy o predátory.

Mořští zástupci patří do kmene mřížovců *(Radiolaria).* Jejich schránka je vyztužena oxidem křemičitým a význam mají stejný jako dírkonožci, tedy vytváření fosilních usazenin. [5.]

Námi pozorované rody byly např. *Actinophrys, Acanthocystis*



Obrázek 4. Popis Heliozoa; kresba: Barbora Jelínková

3.2.5 Obrněnky *(Dinoflagellata)*

Charakteristickým znakem pro obrněnky je jejich dorzo-ventrální stavba buňky, kterou tvoří apikální a antapikální část navzájem oddělené ekvatoriální rýhou. Pohyb buňky je zajištěn dvojicí bičíků. Výživa u dinoflagelátů obsahujících chloroplasty je mixotrofní, ostatní se živí saprotrofně, fagotrofně nebo jsou parazité. Chloroplasty obsahují chlorofyl (*a* a c_2), karoteny a xantofyly (nejvýznamnější je peridinin, podle kterého je nazván i rod obrněnek *Peridinium).* Buňky mohou obsahovat i stigma a zásobní látkou je škrob.

Povrch těla tvoří vrstva plochých měchýřků pod plazmatickou membránou, jež mohou být naplněny tekutinou nebo obsahují destičky z celulózy tvořící krunýř. Většina obrněnek žije

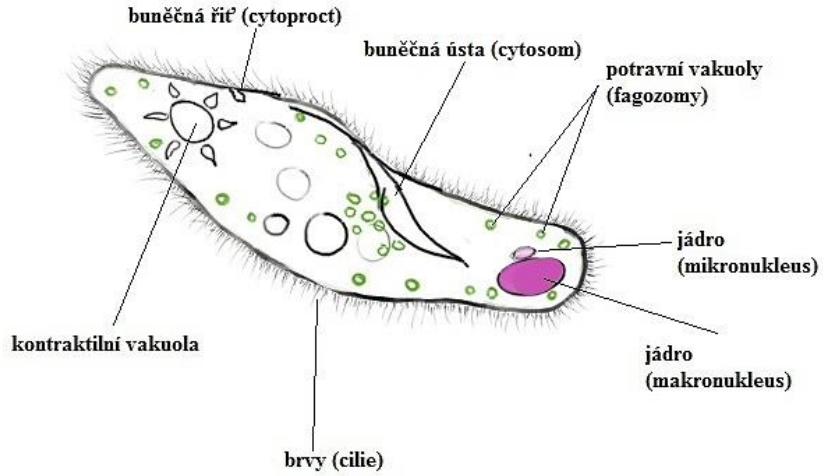
v mořích. Mezi nimi můžeme najít i toxické zástupce, kteří při přemnožení způsobují úhyn ryb a bezobratlých (jejich maso je poté toxické i pro člověka). [5.]
Námi pozorované rody byly např. *Peridinium, Ceratinum a Gymnodinium*

3.2.6 Nálevníci *(Ciliophora)*

Nálevníci disponují patrně nejsložitější stavbou buňky mezi hetrotrofními prvoky. K pohybu jim slouží cilie nebo jejich různé modifikace (cirry a membranely). Unikátní specifikum představují dvě funkčně i morfologicky diferenciovaná jádra. Makronukleus zastupující vegetativní funkce a mikronukleus sloužící k rozmnožování (konjugaci). Výživa nálevníků je značně různorodá, někteří se živí bakteriemi, řasami a existují i predátoři ostatních prvoků a zástupci parazitující na širokém spektru organismů. Přijímání potravy se účastní brvy, které přihánějí potravu k buněčným ústům (cytosomu). Potrava postupuje buněčným hltanem (cytopharynxem) do slepého konce, kde se vytváří potravní vakuola. Nestrávené zbytky jsou vyvrhovány buněčnou řití (cytoproct/cytopyge).

Přizpůsobením k osmotickému tlaku sladké vody je pulzující vakuola, která slouží i k vylučování.

Většina zástupců se pohybuje volně ve vodě, ale mnozí (např. *Carchesium, Vorticella* ad.) žijí převážně přisedle a mohou tvořit kolonie. K podkladu jsou přichyceni pomocí stopek. [5.]
Námi pozorované rody byly např. *Paramecium, Coleps, Vorticella, Chilodonella, Stentor, Climacostomum, Loxodes, Tetrahymena* a mnozí další.

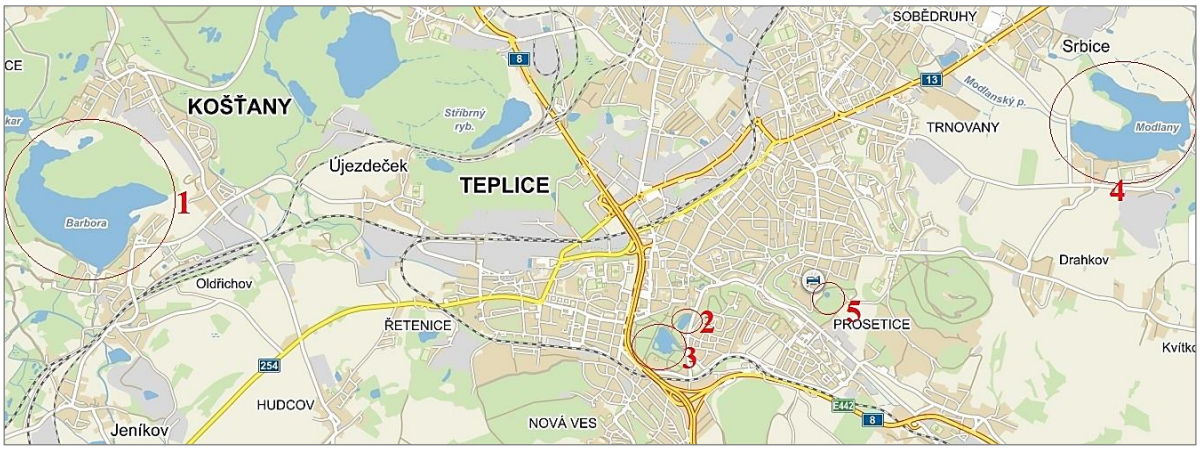


Obrázek 5. Popis Paramecia; kresba: Barbora Jelínková

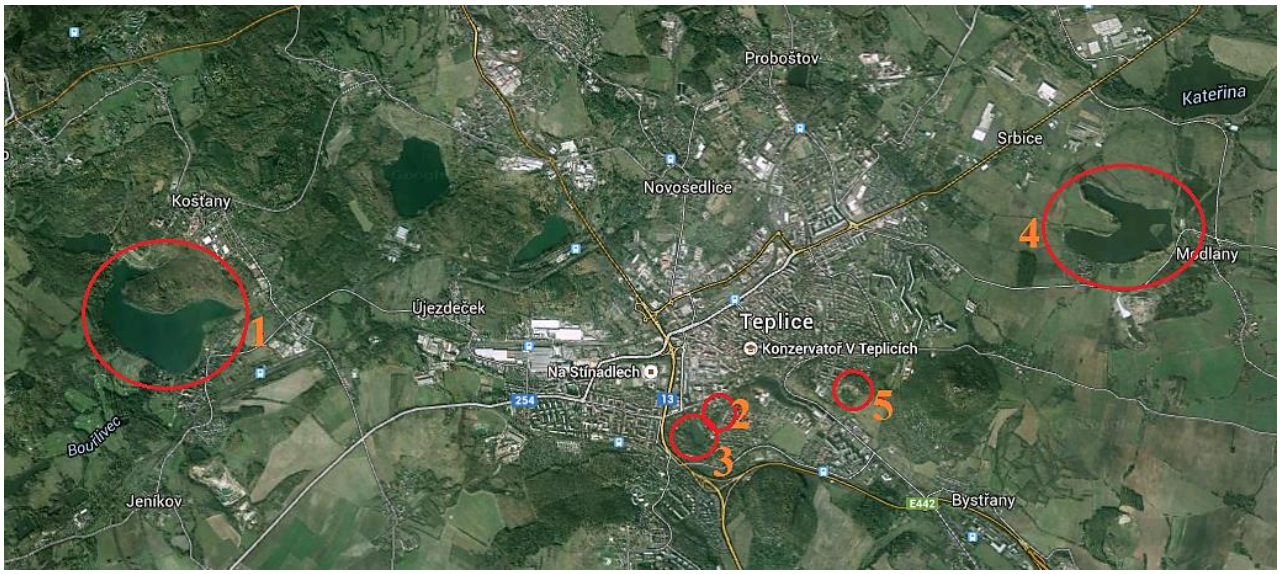
3.3 Popisy lokalit

Zkoumané lokality byly vybrány s ohledem na několik kritérií. Vzhledem k tomu, že jsme se věnovali především biodiverzitě a ekologii prvoků, vybrali jsme vodní plochy rozdílného charakteru, ať už velikostí, využitím nebo kvalitou vody, jejíž přibližné zhodnocení podle výskytu prvoků bylo jedním z našich cílů. Horní a Dolní rybník leží nedaleko vedle sebe, a proto jsme zjišťovali, jestli se mezi nimi vyskytují rozdíly splňující požadavky našeho výzkumu. Tři z pěti zkoumaných vodních ploch se nacházejí v Teplicích (Horní a Dolní rybník a jezírko na Písečném vrchu), další dvě v blízkém okolí (Modlanský rybník a zatopený lom Barbora) – viz mapy č. 1 a 2. Zmiňovaná druhová rozmanitost ve vodě i okolí pochází z vlastních pozorování a průzkumů.

Všechny mapy v této práci byly vytvořeny pomocí webových stránek http://www.mapy.cz/ a https://maps.google.com/ a zpracovány v programu Malování.



Mapa 1. Zkoumané lokality: 1 – Barbora, 2 – Dolní rybník, 3 – Horní rybník, 4 – Modlanský rybník, 5 – jezírko na Písečném vrchu



Mapa 2. Satelitní pohled na zkoumané lokality: 1 – Barbora, 2 – Dolní rybník, 3 – Horní rybník, 4 – Modlanský rybník, 5 – jezírko na Písečném vrchu

3.3.1 Barbora

Vodní nádrž vznikla v 70. letech 20. století zatopením povrchového hnědouhelného lomu. Nachází se v blízkosti obce Oldřichov v nadmořské výšce 262 m. n. m. Rozkládá se asi na 61 ha a hloubka dosahuje maximálně 65 metrů. Voda přitéká z potoku Bouřlivec. Dno je bahnité, jílovité s nánosy sedimentu. Dnes je využívána hlavně pro rekreační účely. [17.], [18.]

Jednu stranu obklopují listnaté lesy, druhou pláže v podobě udržovaných mýtin s občasným výskytem stromů. Typickými zástupci zdejších suchozemských vyšších rostlin jsou např. bříza bělokorá (*Betula pendula*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), vrba bílá (*Salix alba*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale* agg.), sedmikráska chudobka (*Bellis perenis*), lipnicovité (*Poaceae*) a mnohé další. Vodní floru zastupují stolístek (*Myriophyllum*), rdest kadeřavý (*Potamogeton crispus*), zdrojůvka (*Fontinalis*), okřehek (*Lemna*) a další. Výrazní představitelé fauny jsou labuť velká (*Cygnus olor*), kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), škeble rybničná (*Anodonta cygnea*), z ryb jsou to převážně kaprovité (*Cyprinidae*) – amur (*Ctenopharyngodon*), cejn (*Abramis*), kapr (*Cyprinus*), dále štika (*Esox*) a sumec (*Silurus*).

3.3.2 Dolní rybník

Rybník byl vytvořen v 17. století v rámci teplického Zámeckého parku. Jeho plocha činí asi 0,8 ha [19.]. Slouží jako chovný rybník. Uprostřed se nachází ostrůvek, který skýtá útočiště hnízdícím ptákům. Dolní rybník je přímo propojen s Horním rybníkem potokem skrytým pod zemí. Dno je při okraji kamenité, hlouběji bahnité. Rybník není nijak zvlášť hluboký a voda v něm je kvůli chovu ryb značně eutrofizována. Je udržován opakovaným vypouštěním vody a výlovy ryb.

Obklopují ho pěší nebo listnaté stromy, např.: bříza bělokorá (*Betula pendula*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), j. mléč (*Acer platanoides*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jinan dvoulaločný (*Gingo biloba*), vrba bílá (*Salix alba*), líska turecká (Corylus colurna) a další. Na vodní vyšší rostliny není bohatý. Půda v okolí je velmi měkká až podmáčená, suchozemské rostliny v okolí zastupují: křivatec žlutý (*Gagea lutea*), sedmikráska chudobka (*Bellis perenis*), lipnicovité (*Poaceae*), sasanka hajní (*Anemone nemorosa*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*) a mnoho dalších. Z živočichů zde žijí: kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), labuť velká (*Cygnus olor*), holub domácí (*Columba livia domestica*), kapr (*Cyprinus*), plotice (*Rutilus*) ad.

3.3.3 Horní rybník

Větší z rybníků nacházejících se v Zámecké zahradě v Teplicích, rozkládající se na ploše 2,4 ha. Kromě chovu ryb se v létě využívá i rekreačně, např. na projížďky loďkami. Nachází se v něm poměrně velký „ptačí ostrov“. Voda z něj odtéká do Dolního rybníka. Rozmanitost fauny a flory je srovnatelná s Dolním rybníkem.

3.3.4 Modlanský rybník

Vznikl v 70. letech 20. století zatopením propadlin. Plošně zabírá asi 43 ha. Přítoky tvoří hlavně Modlanský potok a dále množství malých přítoků [20.]. Dno je bahnité, voda velmi eutrofizovaná a znečištěná nedalekým polem. V srpnu roku 2010 zde způsobily splašky plošný úhyn ryb. [21.]. Slouží hlavně jako chovný rybník ke sportovnímu rybolovu [22.]. Je zde vyhrazena oblast se zákazem rybaření v zájmu ochrany ptáků.

V jeho blízkosti se nachází domky a chaty, které jsou součástí přilehlé obce Staré Srbice a již zmíněné pole. Z několika stran je chráněn porosty topolů černých (*Populus nigra*) a dalších listnatých dřevin. Ve vodě je zvýšený výskyt sinic převážně v letním období. Z vodních rostlin jmenujme stolístek (*Myriophyllum*). Zástupce suchozemských rostlin tvoří hlavně rákos obecný

(*Phragmites australis*), lipnicovité (*Poaceae*). Fauna sestává hlavně ze zástupců ptáků, k nimž patří např. kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), labuť velká (*Cygnus olor*), lyska černá (*Fulica atra*) a ryb, zastoupené hlavně kaprovitými (*Cyprinidae*) a okounovitými (*Percidae*).

3.3.5 Jezírko na Písečném vrchu

Jedná se o jedinečnou, periodicky vysychající lokalitu s proměnlivou rozlohou (v zatopeném stavu přibližně 960 m^2), jejímž hlavním zdrojem vody je voda dešťová. Dříve sloužila k rekreačním účelům, dnes je oblíbeným odpočinkovým místem. V roce 2011 zde proběhla revitalizace vodní plochy [23.].

Jezírko leží na porfyrovém podkladu, ale dno je pokryto sedimenty, bahnem [24.]. Na floru není oblast výjimečně bohatá, roste zde mimo jiné bříza bělokorá (*Betula pendula*), vrba bílá (*Salix alba*), jabloň lesní (*Malus sylvestris*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), javor mléč (*Acer platanoides*). Z vodních rostlin se zde nachází rdest vzplývavý (*Potamogeton natans*), ze suchozemských lipnicovité (*Poaceae*), pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale* agg.), šťovík (*Rumex*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), rákos obecný (*Phragmites australis*), ad. Co se však fauny týče, má lokalita navzdory velikosti hodnotnou biodiverzitu. Významná je pro výskyt mnoha druhů obojživelníků, jako např. ropuchy obecné (*Bufo bufo*), skokana hnědého (*Rana temporaria*), čolka obecného (*Lissotriton vulgaris*), čolka horského (*Ichtyosaura alpestris*), čolka velkého (*Triturus cristatus*) a plazů jako např. užovky obojkové (*Natrix Natrix*). Vodní ptáci zde trvale k vidění nejsou s výjimkou návštěv kachen divokých (*Anas platyrhynchos*). V minulosti byl zaznamenán i výskyt ryb.

4 Vlastní výzkum

4.1 Metodika a použitá technika

V rámci našeho výzkumu bylo vždy na stejných místech v období od 21. 3. 2014 do 24. 10. 2014 pořízeno sedm měření a sběrů vzorků ze tří teplických vodních ploch a v období od 4. 4. 2014 do 28. 9. 2014 pět měření a sběrů z vod dvou rybníků v okolí Teplic. Důvodem těchto sběrů a měření bylo zjištění lokálních rozdílů v biodiverzitě prvoků a fyzikálně-chemických faktorů, které by mohly ovlivňovat jejich výskyt.

Měřeny byly tyto hodnoty:

1. teplota vody a okolního vzduchu (ačkoliv vzduch nemá přímý vliv na prvoky žijící ve vodě, může vypovídat o intenzitě slunečního záření),
2. množství rozpuštěného kyslíku ve vodě,
3. pH vody
4. salinita vody (její velice nízké hodnoty pravděpodobně neovlivňují výskyt prvoků a jejich biodiverzitu).

Praktickou činnost jsme rozdělili na tři části:

1. terénní práce zahrnující sběr vzorků a měření výše uvedených faktorů
2. mikroskopické zkoumání vzorků spojené s pořizováním videí
3. určování prvoků ze získaných videomateriálů a zpracování naměřených hodnot

Vzorky vod byly pořizovány pomocí vrhací trychtýřovité síťky s uzávěrem, sloužící pro chytání planktonních organismů a vlastnoručním sběrem v litorálním pásmu vody. Voda byla skladována v průhledných uzavíratelných skleničkách vždy po třech vzorcích z každé lokality v jednom sběru. Společně s vodou byl do skleniček přidán vzorek materiálu ze dna (bahno, kamínky, větvičky apod.). Jednotlivé skleničky byly označeny barevnými lepícími papírky s jejich popisem. Zároveň při sběru vzorků probíhalo měření výše uvedených abiotických faktorů. Pro naše účely nám byly poskytnuty školní rozhraní a senzory značky Vernier. Pomocí digitálního přenosného rozhraní ke sběru dat LabQuest 2 jsme měřili nejprve teplotu vzduchu poté teplotu vody teploměrem Go!Temp, následovalo měření pH čidlem PH Sensor, zjišťování množství rozpuštěného kyslíku za pomocí čidla Dissolved Oxygen Probe. Poslední hodnotou byla salinita, k jejímuž měření bylo použito čidlo Salinity Sensor. Měření probíhalo vždy do doby, než se hodnota ustálila. Terénní práce probíhaly vždy v odpoledních hodinách.

Vzorky byly ještě v den sběru podrobeny důkladnému mikroskopickému prozkoumání pro zachování původního složení organismů. K mikroskopování byl použit digitální BRESSER LCD mikroskop 40x - 1600x. Pozorování probíhalo následujícím způsobem: na vyčištěné podložní sklíčko byl kápnut vždy propláchnutým kapátkem vzorek zkoumané vody společně s malým množstvím sedimentu a vše bylo přiklopeno krycím sklíčkem. Postupně byl vzorek pozorován při zvětšeních 10x4, 10x10 a 10x40, které bylo v průběhu podle potřeby měněno. Digitální zoom jsme většinou kvůli výrazně zhoršené kvalitě obrazu při přiblížení nepoužívali. Preparáty byly sledovány v nativním stavu. Výhoda živých preparátů byla v rychlosti zpracování vzorků a rozpoznávání některých prvoků podle jejich typického způsobu pohybu. V některých případech se ale projevily nevýhody v podobě ztíženého pozorování kvůli přítomným proplouvajícím perloočkám *(Cladocera)* a buchankám *(Cyclopoida)* a rychlému pohybu převážně některých nálevníků. Při nalezení prvoka bylo pořízeno video režimem nahrávání, který používaný mikroskop poskytoval. Předchozí postup byl opakován až desetkrát z jednoho vzorku vody dané lokality, aby výsledky byly co nejpřesnější.

Nejnáročnější částí byla determinace prvoků z pořízených videí. Některé prvoky se nepodařilo identifikovat vůbec z důvodů jejich malé velikosti nebo nedostatečné kvalitě videa, další zástupci nebyli zahrnuti v determinačních zdrojích ([2.], [11.], [12.]), které jsme používali. Množství neurčených prvoků je však v porovnání s určenými minimální a pravděpodobně neovlivňuje zjištěné výsledky.

Data pak byla zpracována v tabulkovém procesoru Microsoft Office Excel.

4.2 Výsledky

Výsledky byly rozděleny do částí podle jednotlivých lokalit. Pozorovaní prvoci jsou poté uvedeni v Příloze I, na níž již nebude v následujícím textu odkazováno. Ve zjištěných výsledcích jsou zmiňována nejvýraznější a nejzajímavější zjištěná fakta z našich pozorování. Přibližné zhodnocení saprobity bylo provedeno podle dat ze zdroje [25.].

Barbora	50.6440628N, 13.7559122E
Dolní rybník	50.6358328N, 13.8260306E
Horní rybník	50.6355689N, 13.8239442E
Modlanský rybník	50.6525975N, 13.8774556E
Písečný vrch	50.6382633N, 13.8451608E

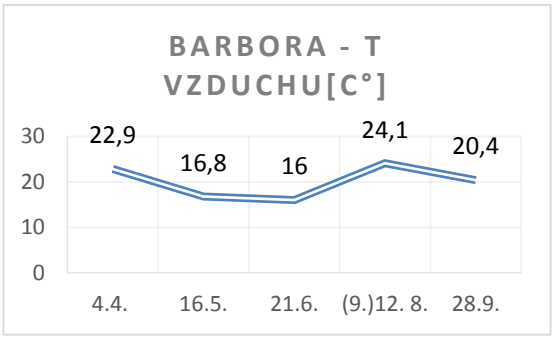
Tabulka 1. Přibližné souřadnice míst sběru

4.2.1 Barbora

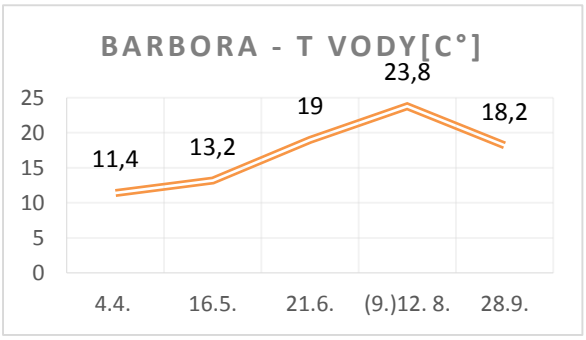
Zatopený lom Barbora se mezi všemi zkoumanými vodními plochami vyznačoval nejmenší biodiverzitou, jejíž hodnoty jsou patrné z grafu 6. Maximální počet vyskytujících se rodů byl pozorován 21. 6. 2014, kdy byly zaznamenány čtyři rody, z nichž tři patřily do kmene nálevníků, a jeden byl zástupcem obrněnek. V tento den činila hodnota rozpuštěného kyslíku 6,8 mg/l, což je nejvyšší naměřená hodnota v této lokalitě (viz graf 3). Nejčastějším a nejpočetnějším prvokem byl nálevník *Stentor*, který se vyskytoval ve všech zkoumaných vzorcích bez ohledu na naměřené hodnoty. Běžný byl také nálevník *Climacostomum.* Stojí za povšimnutí, že téměř všichni určení prvoci kromě rodů *Peranema* a *Tetrahymena* (nalezeny pouze ve dvou sběrech v minimálním počtu jedinců) obsahovaly v buňce zoochlorely nebo chloroplasty. Největší biodiverzita prvoků se jevila při hodnotě pH 7,3, při nižších i vyšších hodnotách byla nižší (viz grafy 5 a 6). Přibližná saprobita vody odpovídá podle druhového složení spíše beta-mezosaprobnímu stupni bez známek eutrofizace. Počet druhů prvoků zde byl velice nízký, vyskytovaly se rody alfa-mezosaprobní (až polysaprobní) jako např. častý, již zmiňovaný *Stentor.* Na druhou stranu *Peridinium* je zástupcem oligosaprobiontním. Voda v organickém znečištění nejevila, až na menší vzrůst v červnovém sběru, žádné velké výkyvy sledované biodiverzity. Nebyly zjištěny ani další závislosti na naměřených hodnotách.

Mapa 3. Místo sběru v lokalitě Barbora

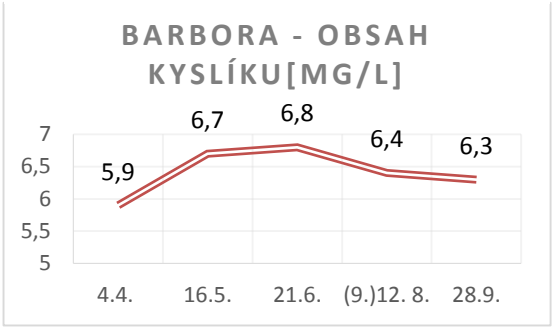
Graf 1



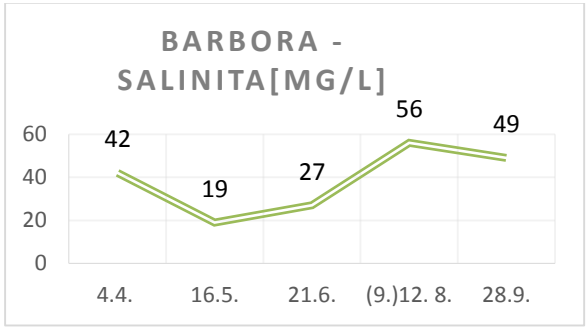
Graf 2



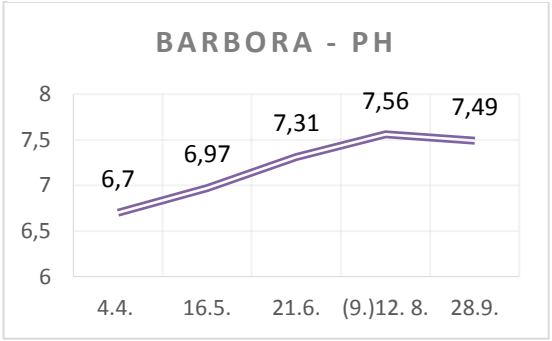
Graf 3



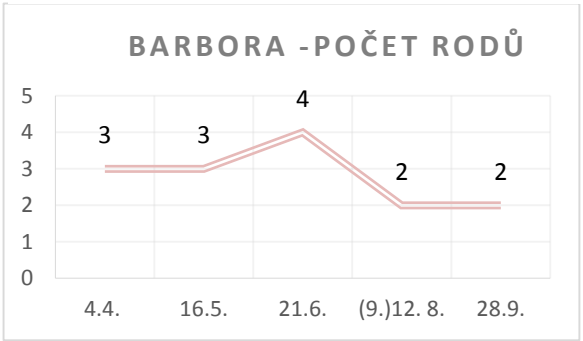
Graf 4



Graf 5



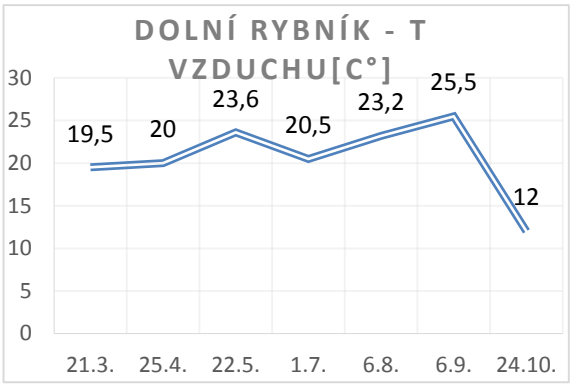
Graf 6



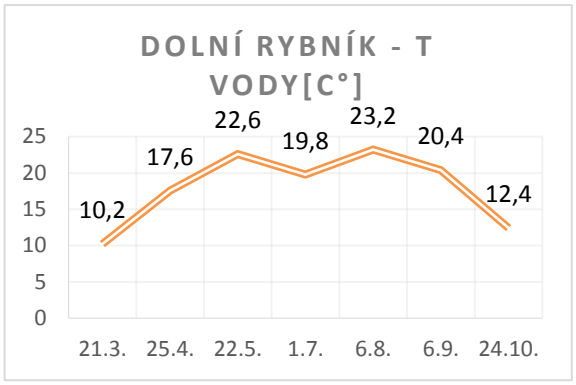
4.2.2 Dolní rybník

V biodiverzitě protozoí Dolního rybníku se v průběhu roku vyskytovaly velké odchylky. Nejvíce rodů bylo napočítáno v jarních měsících 25. 4. a 22. 5. (viz graf 12). Po většinu roku byli převažujícími zástupci kmene nálevníků. Nejpočetnější byl rod *Coleps*, který se vyskytoval v hojném množství ve všech získaných vzorcích. Početnějšími byli také zástupci rodů *Vorticella* a *Loxodes* v měsících, kdy byl zaznamenán jejich výskyt. Kromě vzorků z 21. 3. a 6. 9. byli ve vodě přítomni různí představitelé kmenu euglen. Další kmeny se vyskytovaly v různých měsících. Obrněnky počtem rodů převažovaly ve vzorku z 6. 8., kdy byla naměřena druhá nejvyšší hodnota rozpuštěného kyslíku a pH. Byla zjištěna ojedinělá přítomnost parazitického nálevníka rodu *Trichodina*. Kořenonožci zastupovala pouze kryténka rodu *Diflugium.* Ve vodách byl po celý rok sledován výskyt velkého množství buchanek, perlooček a vířníků, jejichž mrtví jedinci se často rozkládali a tvořili tak potravu pro některé určené prvoky. Kvalita vody byla celkově vyhodnocena jako alfa-mezosaprobní s vyšším stupněm organického znečištění v jarních měsících a říjnu, kdy převažovali nálevníci zařazovaní do polysaprobních indikátorů. Na biodiverzitu pravděpodobně měřené veličiny neměly vliv.

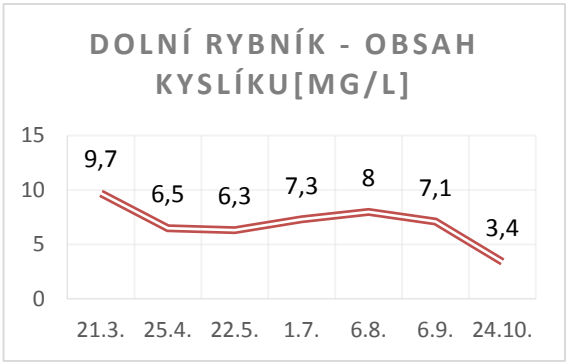
Graf 7



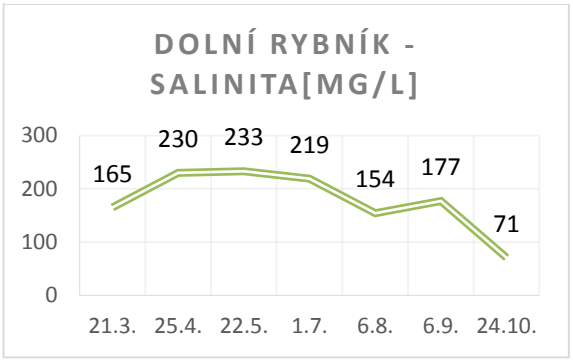
Graf 8



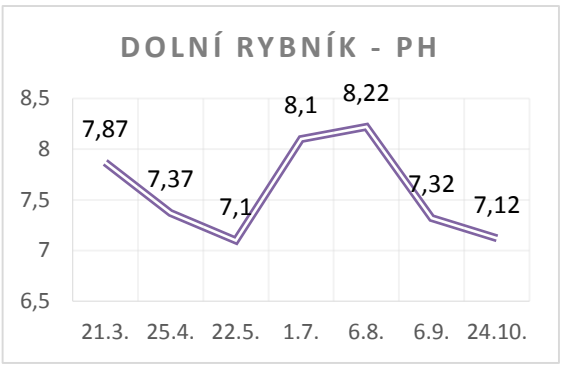
Graf 9



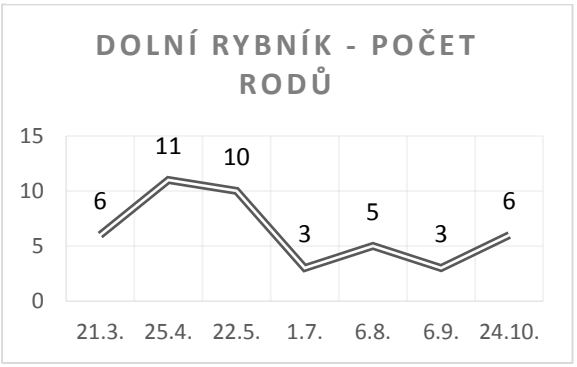
Graf 10



Graf 11



Graf 12

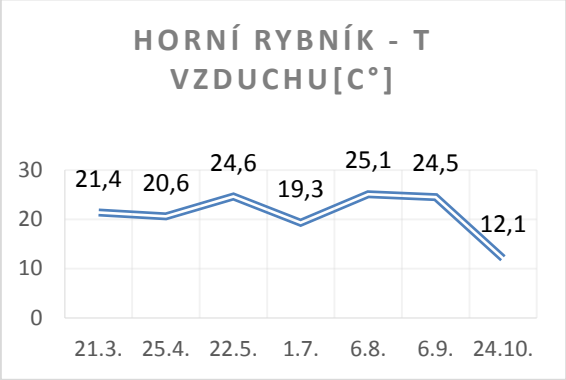


4.2.3 Horní rybník

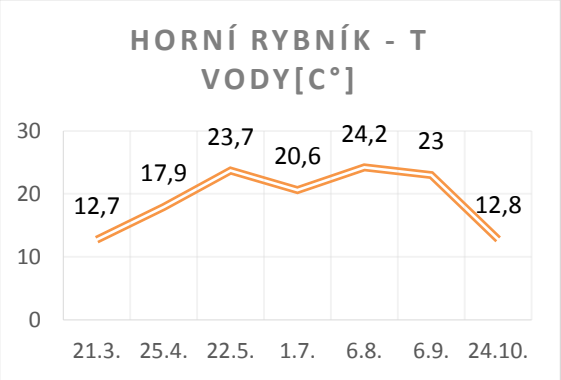
Biodiverzitu prvoků hodnotíme jako vysokou s přechodným snížením v období od začátku července do začátku září. Ve vzorcích Horního rybníka byli nalezeni prvoci ze všech zkoumaných kmenů. Podobně jako v Dolním rybníku se hojně vyskytovaly rody *Coleps* a *Vorticella*. Skupina nálevníků zde počtem rodů sice převažovala, ale ostatní kmeny krásnoočka a kořenonožci voda též obsahovala často. Ve vzorku s největším množstvím rozpuštěného kyslíku patrného z grafu 15, biodiverzita dosahovala nejvyšších hodnot se zastoupením všech kmenů kromě paprskovců. Při nejnižší hodnotě rozpuštěného kyslíku za hodnoty 5,5 mg/l byl počet určených rodů menší pouze o dva. Vzorek ale obsahoval pouze nálevníky a krásnoočka. Stejně jako v Dolním rybníku byl objeven parazitický nálevník rodu *Trichodina*. Ve vodách byl po celý rok sledován výskyt velkého množství buchanek, perlooček a vířníků, jejichž mrtví jedinci se často rozkládali a tvořili tak potravu pro některé určené prvoky (stejně jako v Dolním rybníku). Hodnoty odhadované saprobity podle přítomných rodů vykazují velké podobnosti s Dolním rybníkem. Vysoký je počet polysaprobních nálevníků, kteří převažují nad všemi ostatními zjištěnými indikátory – voda byla vyhodnocena stejně jako u Dolního rybníka. Biodiverzita pravděpodobně nebyla závislá na naměřených hodnotách.

Mapa 4. Místo sběru v lokalitách Dolní a Horní rybník

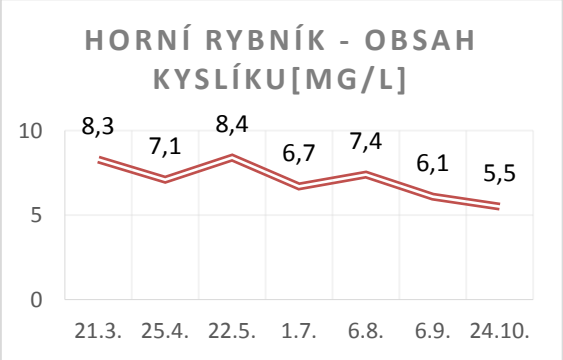
Graf 13



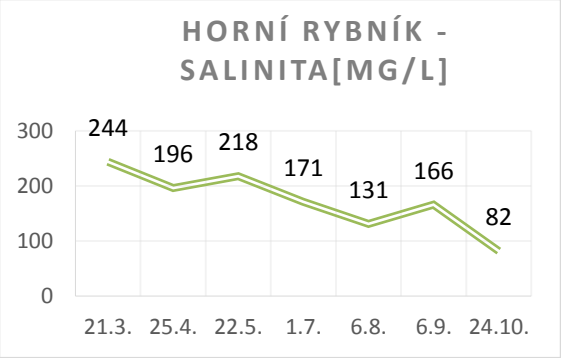
Graf 14



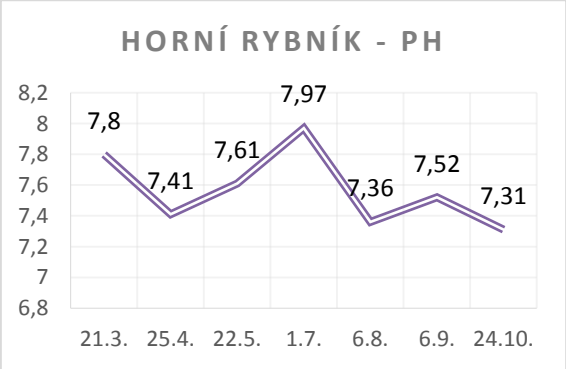
Graf 15



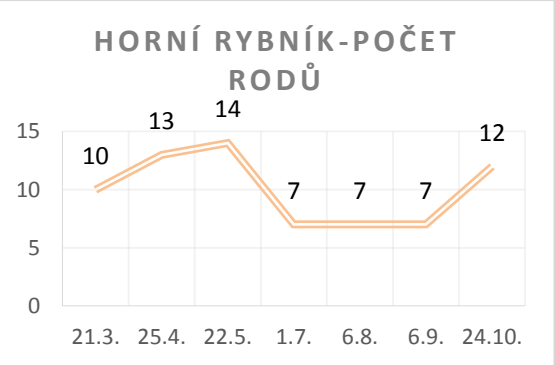
Graf 16



Graf 17



Graf 18

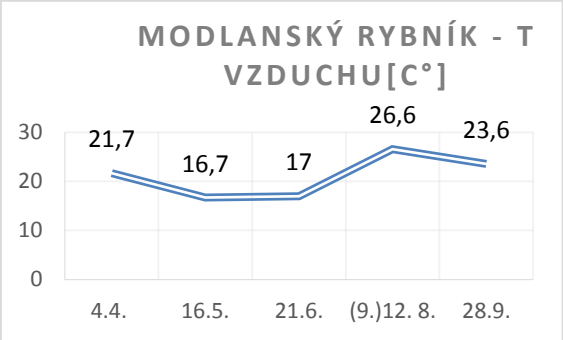


4.2.4 Modlanský rybník

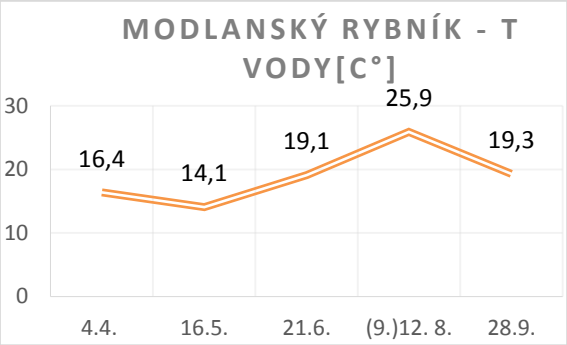
Jedná se o rybník s největší biodiverzitou mezi všemi vybranými lokalitami se signifikantním výkyvem v srpnu – pozorovány byly pouze dva rody (*Coleps* a *Tetrahymena*), jejichž přítomnost je spojována s rozkládajícím se živočišným materiálem [2.]. Vzorky obývali převážně zástupci nálevníků, mezi nejpočetněji zastoupené patřil rod *Paramecium.* V Modlanském rybníku byl zaznamenán větší výskyt dravých nálevníků, mezi něž patřily např. rody *Monodinium, Litonotus* a *Lacrymaria.* Nejvíce biodiverzitní vzorek se vyznačoval mimo jiné větším množstvím rodů a jedinců kmene kořenonožců. Při nejvyšší teplotě vody (graf 20), nejnižším obsahu kyslíku a nejalkaličtějším pH ve vzorku z července bylo rodové zastoupení nejmenší. Modlanský rybník byl mezi vybranými lokalitami vyhodnocen jako nejznečištěnější z důvodu převahy polysaprobních indikátorů s menším zastoupením alfa-mezosaprobních. Oligosaprobní zástupci se nevyskytovali vůbec. Voda na první pohled jevila známky eutrofizace a saprobita byla odhadnuta jako alfa-mezosaprobní, v některých případech až polysaprobní.

Mapa 5. Místo sběru v lokalitě Modlanský rybník

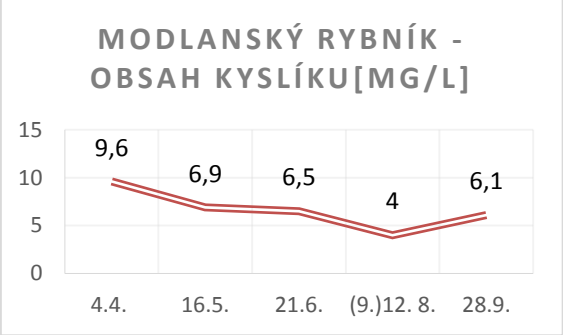
Graf 19



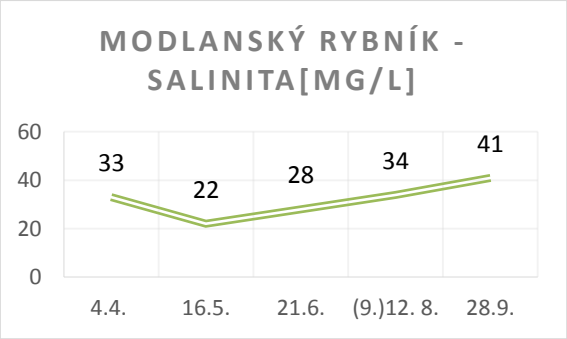
Graf 20



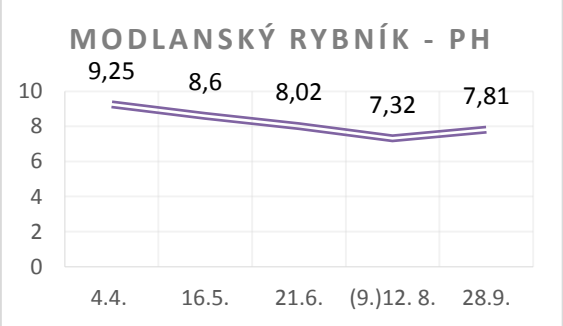
Graf 21



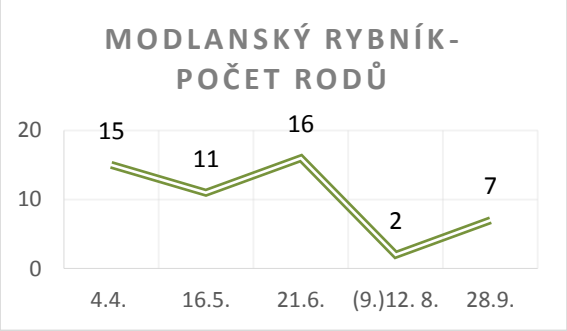
Graf 22



Graf 23

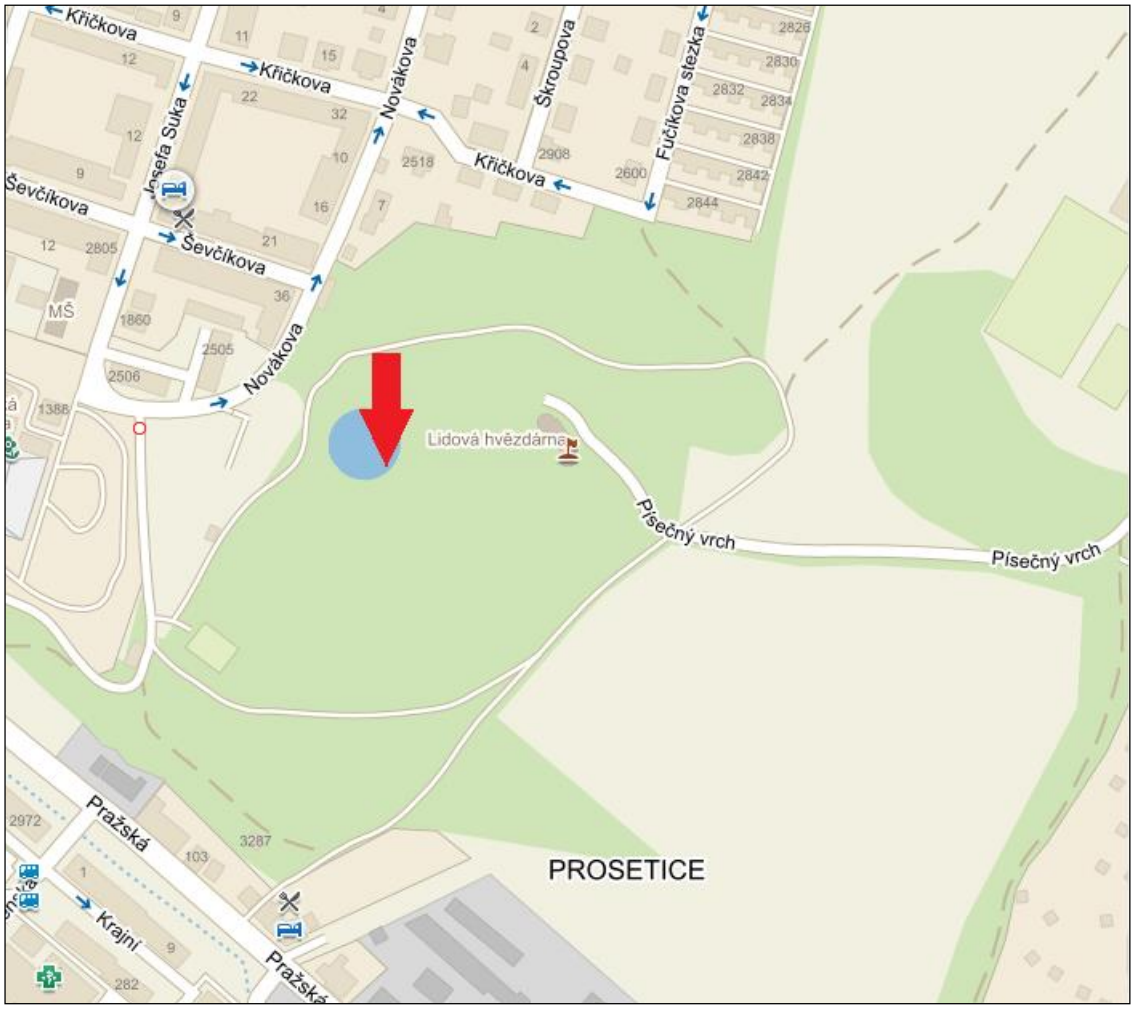


Graf 24



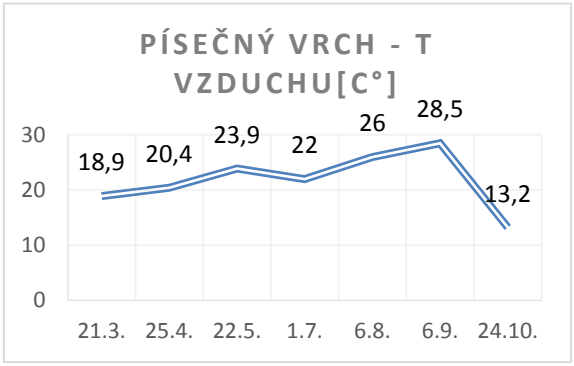
4.2.5 Jezírko na Písečném vrchu

V jezírku na Písečném vrchu rodově převažovali nálevníci – početně především rod *Loxodes*, který byl až na vzorek vody z 22. 5. přítomen vždy. Mírně nižší druhovou rozmanitostí byla zastoupena krásnoočka. Svými počty jedinců i rodů v některých případech překonávala množství ciliátů. Zajímavým specifikem této vodní plochy byla přítomnost některých rodů nenalezených v žádné z předchozích lokalit – tento fakt ale nevylučuval jejich výskyt. Mezi tyto patřilo např. *Tintinnidium,* označené jako indikátor čisté vody [9.], *Strombilidium* ze vzorku vody s nejvyšším místním naměřeným obsahem kyslíku a *Loxocephalus* ze vzorku s nejnižší hodnotou rozpuštěného kyslíku, ve kterém se vyskytovaly pouze dva další rody *(Loxodes* a *Notosolenus)*. Rodovým složením se jednalo o vodu alfa-mezosaprobní, ačkoliv bez známek eutrofizace. Biodiverzita byla střední až vysoká s velkým propadem v červenci.

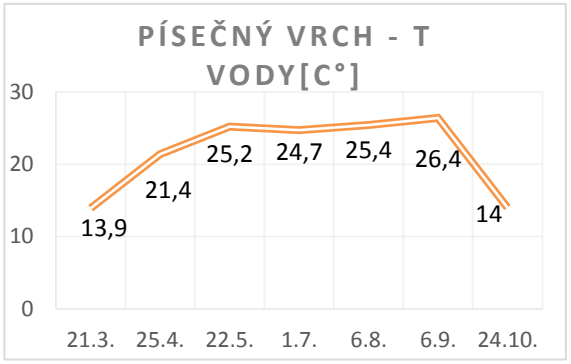


Mapa 6. Místo sběru v lokalitě Písečný vrch

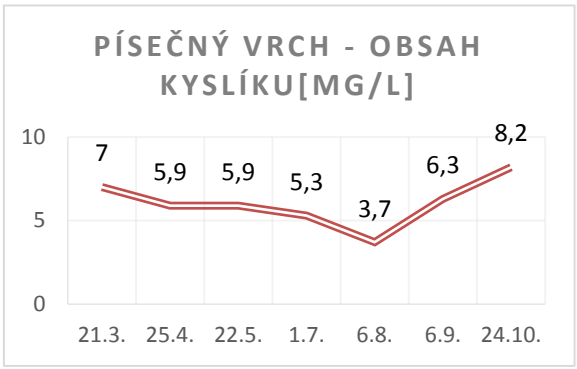
Graf 25



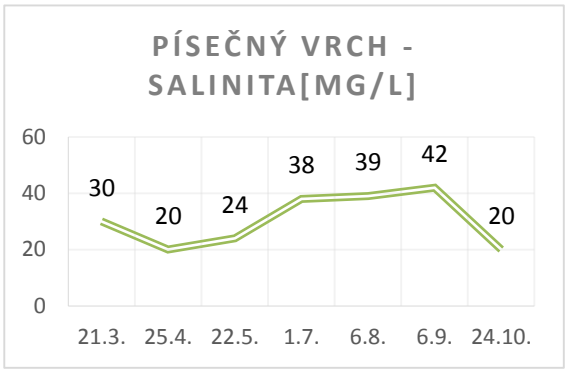
Graf 26



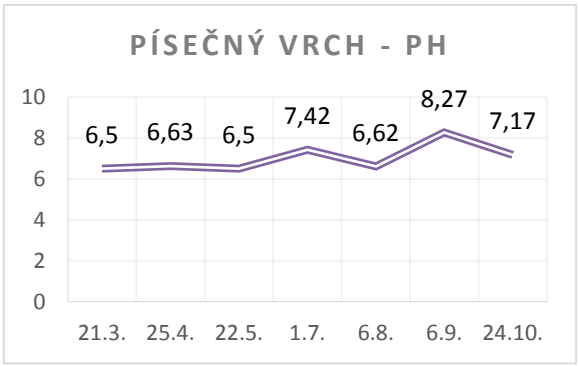
Graf 27



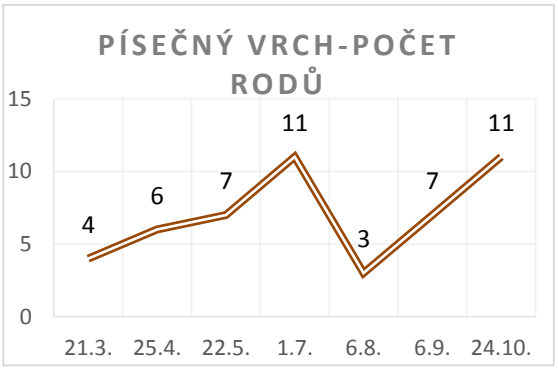
Graf 28



Graf 29



Graf 30



5 Závěr

V průběhu osmi měsíců roku 2014 jsme prováděli průzkum vod v pěti lokalitách okresu Teplice zaměřeným na biodiverzitu prvoků a jejich ekologii. Rybníky, které svými různorodými podmínkami posloužily k pozorování, jevily různé odlišnosti v čistotě a druhovém složení. Plně si uvědomujeme, že naše výsledky jsou pouze orientační a zkoumaných vzorků pro přesnější zhodnocení biodiverzity by bylo potřeba jistě víc.

Nejčistší vodní plocha Barbora nabízela zcela nejmenší biodiverzitu prvoků s vysokým počtem jedinců téhož rodu. Domníváme se, že tento fakt nebyl způsoben nízkým znečištěním vody, nýbrž absencí predátorů a nízkým konkurenčním tlakem.

Výsledky Horního a Dolního rybníku jsou v porovnání velmi podobné. Výkyvy počtu pozorovaných rodů jsou podle našeho názoru výsledkem většího množství degradujícího organického materiálu v těchto vodách, přičemž se projevuje sukcesní proces, při kterém dominují především prvoci spojovaní s rozkladem odumřelých organismů.

Modlanský rybník obsahoval velké počty jedinců z abundantního množství rodů. Voda jevila jak známky vyšší saprobity, tak eutrofizace, o čemž vypovídá i hojný výskyt nálevníka *Paramecium.*

Poslední lokalita, jezírko na Písečném vrchu, nabízela předpoklady pro výskyt různých rodů prvoků jinde nezaznamenaných. Malá rozloha a hloubka vytváří jedinečný ekosystém. Biodiverzita zaznamenaná v grafu 30 vypovídá o razantně se měnících podmínkách ve vodním prostředí, vyhovujících různému spektru prvoků.

Podmínky působící na výskyt prvoků jsou často velice komplexní a složité. V naší práci jsme se přesvědčili o vzájemné provázanosti a působení abiotických a biotických faktorů na protozoární organismy a na základě našeho výzkumu souhlasíme s tímto faktem popisovaným Hausmannem a Hülsmannem (2003). V mnoha případech z výsledků vyplývá, že pro výskyt prvoků hrají přímou roli spíše faktory biotické.

Hodnocení saprobity vod za pomocí bioindikátorů z řad prvoků hodnotíme při našem počtu vzorků a získaných jedinců spíše jako orientační, ale za určitých podmínek použitelné.

Výsledky a získaná data slouží k uvědomění si bohaté rozmanitosti mikroskopické přírody utvářející život kolem nás. Prvoci, často přehlížené organismy se významně podílí na fungování vodních ekosystémů, kde tvoří důležitý kámen potravního řetězce. Jejich praktickým využitím, pro člověka v poslední době stále důležitějším, je zjišťování znečištění vod. V neposlední řadě tato práce nabízí přehledný úvod do této problematiky i pro laickou

veřejnost. Praktický význam našeho bádání spatřujeme také ve školní výuce díky videím vybraných 53 určených rodů, které mohou posloužit jako jednoduchá pomůcka při poměrně náročném určování protozoí např. při laboratorních činnostech i „domácí“ determinaci zaměřenou na začínající zájemce o protozoologii z řad širší veřejnosti.

6 Seznam použitých zdrojů:

[1.] HAUSMANN, Klaus a HÜLSMANN, Norbert. *Protozoologie*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003. 347 s. ISBN 80-200-0978-7.

[2.] PATTERSON, David J. *Free-living freshwater protozoa: a colour guide*. [2nd] ed. London: Manson, ©1996. 223 s. ISBN 1-874545-40-5. **– určovací klíč**

[3.] DOGEL', Valentin Aleksandrovič. *Zoologie bezobratlých: [Orig.: Zoologija bespozvonočnych]*. 1. vyd. Přeložil Sergej Hrabě. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1961, 597 s., s. 9-76

[4.] PAPÁČEK, Miroslav, Vlasta MATĚNOVÁ, Josef MATĚNA a Tomáš SOLDÁN. *Zoologie*. 3. uprav. vyd. Praha: Scientia, 2000, 286 s., s. 20-26. ISBN 80-7183-203-0.

[5.] ROSYPAL, Stanislav a kol. *Nový přehled biologie*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2003. 797 s. ISBN 80-7183-268-5.

[6.] HANZÁK, Jan, Ladislav HALÍK a Marie MIKULOVÁ. *Světem zvířat V. Bezobratlí 1*. Praha: Albatros, 1973, s. 9-76. ISBN 13-214-KMČ-80.

[7.] LELLÁK, Jan a KUBÍČEK, František. *Hydrobiologie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1992. 257 s. ISBN 80-7066-530-0.

[8.] LAYBOURN-PARRY, Johanna. *A Functional Biology of Free-Living Protozoa*. Berkeley: University of California Press, 1984. 10, 218 s. Functional Biology Series. ISBN 0-520-05339-7.

[9.] *Biomonitoring_vod* [online]. [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://kzr.agrobiologie.cz/natural/data/databiomonitoring/biomonitoring_vod.pdf

Použité internetové stránky:

[10.] Systém eukaryot. Biomach, výpisky z biologie [online]. 2005– [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://www.biomach.cz/obecna-biologie-4/novy-system-organismua-1

[11.] http://protist.i.hosei.ac.jp/Protist_menuE.html **- zdroj použitý k určování prvoků**

[12.] http://www.dr-ralf-wagner.de/index-englisch.htm **- zdroj použitý k určování prvoků**

[13.] Protozoa. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Protozoa

[14.] Eukaryote. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Eukaryote

[15.] Klasifikace eukaryot. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Klasifikace_eukaryot

[16.] http://www.daftlogic.com/projects-google-maps-area-calculator-tool.htm - **výpočet rozloh rybníků**

[17.] Oldřichov - Barbora. ŠRAIER, Zdeněk. *Strany potápěčské* [online]. 25. 07. 2001, 21. 10. 2014 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://www.stranypotapecske.cz/lokality/lokaldet.asp?lok=200

[18.] Koupání na vodní nádrži Barbora. VALINA, Martin. *www.krusnohorsky.cz* [online]. 7. 05.2010 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://www.krusnohorsky.cz/2010/05/07/rybnik-barbora-oldrichov/

[19.] Zámecká zahrada v Teplicích. *ITeplice.cz: Zpravodajství Teplicka* [online]. 10. 05. 2007 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://iteplice.cz/cestovatel_zamecka_zahrada_v_teplicich.html

[20.] Modlany. WACHSMAN, V. *Severní Polabí: Od Litoměřic až k Hřensku* [online]. 1. vyd. Ústí nad Labem: Ústecká kulturní platforma ’98, 2006 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://www.ukp98.cz/polabi/labe/obce/tp/modlany.htm

[21.] Modlanskému rybníku hrozí trvalá zkáza. *ITeplice.cz: Zpravodajství Teplicka* [online]. 19. 08. 2010 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://iteplice.cz/zpravy_modlanskemu_rybniku_hrozi_trvala_zkaza.html

[22.] Severočeský ÚS - Mimopstruhové revíry: 441 002 BÍLINA 2. *Český rybářský svaz* [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://www.rybsvaz.cz/?page=reviry/revir&lang=cz&id_reviry=554

[23.] Krajinné inženýrství, čistírny - 2011. *Grania* [online]. 12. 02. 2013 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://www.grania.cz/news/a20111/

[24.] Písečný vrch a hvězdárna: objekt č. 52 | Písečný vrch, Teplice. *Audioteplice.cz* [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: http://www.audioteplice.cz/text.php?id=52

[25.] OS MIMONI. *Praktický průvodce mikrosvětem I.: Internetová databáze úloh pro mikroskopická praktika z biologie určená učitelům základních i středních škol* [online]. [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: http://mikrosvet.mimoni.cz/

7 Seznam obrázků:[8]

Obrázek 1. Popis Eugleny; kresba: Barbora Jelínková 14
Obrázek 2. Popis Arcelly; kresba: Barbora Jelínková 14
Obrázek 3. Popis Amoeby; kresba: Barbora Jelínková 14
Obrázek 4. Popis Heliozoa; kresba: Barbora Jelínková 15
Obrázek 5. Popis Paramecia; kresba: Barbora Jelínková 16
Obrázek 6. Arcella I
Obrázek 7. Ceratinum I
Obrázek 8. Coleps I
Obrázek 9. Climacostomum I
Obrázek 10. Eugleny I
Obrázek 11. Gymnodinium I
Obrázek 12. Halteria I
Obrázek 13. Loxodes I
Obrázek 14. Lacrymaria I
Obrázek 15. Paramecium I
Obrázek 16. Peridinium I
Obrázek 17. Spirostomum I
Obrázek 18. Phacus I
Obrázek 19. Stentor I
Obrázek 20. Vorticella I
Obrázek 21. Anisonema sp. I
Obrázek 22. Acanthocystis sp. I
Obrázek 23. Actinophrys sp. I
Obrázek 24. Chaenea sp. I
Obrázek 25. Aspidisca sp. I
Obrázek 26. Arcella sp. I

[8] Pro tvorbu obrázků byl použit program Gimp.

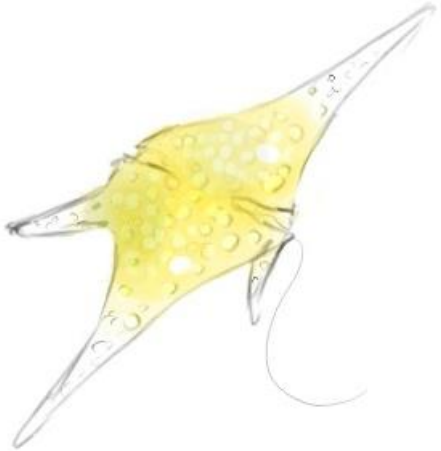
Příloha 1

V tabulce jsou uvedeny určené rody prvoků v určité lokalitě v jednotlivých sběrech, které byly prováděny v roce 2014. Číslo před prvním rodem v konkrétní kolonce značí sumu určených rodů.

	21.3.	4.4.	25.4.	16.5.	22.5.	21.6.	1.7.	9.(12.)8.	6.8.	6.9.	28.9.	24.10.
Dolní rybník	6 Coleps sp. , Tetrahymena sp., Aspidisca sp., Spirostomum sp, Stentor sp., Rhabdostyla sp.	x	11 Trichodina sp., Askenasia sp., Coleps sp., Diflugia sp., Euglena sp., Gymnodinium sp., Loxodes sp., Halteria sp., Spirostomum sp., Tachysoma sp., Vorticella sp.,	x	10 Coleps sp., Phacus sp., Stentor sp., Euglena sp., Peridinium sp., Vorticella sp., Dileptus sp., Ophrydium sp., Tetrahymena sp., Tachysoma sp.	x	3 Coleps sp., Diflugia sp., Notosolenus sp.	x	5 Phacus sp., Coleps sp., Ceratium sp., Peridinium sp., Notosolenus sp.,	3 Coleps sp., Tetrahymena sp., Vorticella sp.	x	6 Loxodes sp., Tachysoma sp., Coleps sp., Euglena sp., Rhabdostyla sp., Vorticella sp.,
Horní rybník	10 Coleps sp., Peranema sp., Mayorella sp., Phacus sp., Colpoda sp., Euplotes sp., Notosolenus sp., Stentor sp., Vorticella sp., Heliozoa	x	13 Peridinium sp., Coleps sp., Stentor sp., Spirostomum sp., Urocentrum sp., Lacrymaria sp., Paramecium sp., Halteria sp., Euglena sp., Vorticella sp. , Gymnodinium sp., Actinophrys sp., Euglena sp.,	x	14 Halteria sp., Euglena sp., Peridinium sp., Coleps sp., Vorticella sp., Aspidisca sp., Notosolenus sp., Paramecium sp., Spirostomum sp., Pelomyxa sp., Thecamoeba sp., Diflugia sp., Phacus sp., Stentor sp.,	x	7 Arcella sp., Coleps sp., Euglena sp., Glaucoma sp., Phacus sp., Vorticella sp., Saccamoeba sp.	x	7 Peridinium sp., Vorticella sp., Ceratium sp., Euglena sp., Phacus sp., Coleps sp., Anisonema sp.,	7 Vorticella sp., Coleps sp., Glaucoma sp., Lacrymaria sp., Euglena sp., Monodinium sp., Loxophylum sp.,	x	12 Prorodon sp., Vorticella sp., Peranema sp., Trichodina sp., Stylonichia sp., Loxodes sp., Euglena sp., Coleps sp., Aspidisca sp., Codonella sp., Colpoda sp., Tetrahymena sp
Písečný vrch	4 Colpidium sp., Aspidisca sp., Loxodes sp., Paramecium sp.,	x	6 Coleps sp., Euglena sp., Halteria sp., Loxodes sp., Tachysoma sp., Diflugia sp.,	x	7 Anisonema sp., Lacrymaria sp., Coleps sp., Pleuronema sp., Notosolenus sp., Peranema sp., Euglena sp., Trachelomonas sp.	x	11 Amoeba sp., Diflugia sp., Euglena sp., Halteria sp., Lembadion sp., Loxodes sp., Notosolenus sp., Pleuronema sp., Urocentrum sp., Coleps sp., Peranema sp.	x	3 Loxodes sp., Loxocephalus sp., Notosolenus sp.,	7 Phacus sp., Anisonema sp., Tetrahymena sp., Euglena sp., Entosiphon sp., Loxodes sp., Petalomonas sp.,	x	11 Euglena sp., Strombilidium sp., Actinophrys sp., Arcella sp., Cinetochilium sp., Diflugia sp., Halteria sp., Loxodes sp., Chilodonella sp., Tintinnidium sp., Trachelomonas sp.,
Modlanský rybník	x	15 Halteria sp., Arcella sp., Aspidisca sp., Astylozoon sp., Diflugia sp., Chilodonela sp., Stentor sp., Litonotus sp., Loxodes sp., Spirostomum sp., Monodinium sp., Paramecium sp., Peranema sp., Phacus sp., Vorticella sp.,	x	11 Lacrymaria sp., Anisonema sp., Tetrahymena sp., Codonella sp., Coleps sp., Diflugia sp., Halteria sp., Paramecium sp., Pleuronema sp., Spirostomum sp., Chaenea sp.	x	16 Coleps sp., Acanthocystis sp.,Amoeba sp., Arcella sp., Aspidisca sp., Diflugia sp., Entosiphon sp., Loxodes sp., Loxophylum sp., Paramecium sp., Peranema sp., Phacus sp., Spirostomum sp., Tetrahymena sp., Vorticella sp., Urosoma sp.	x	2 Coleps sp., Tetrahymena sp.,	x	x	7 Chilodonella sp., Pelomyxa sp., Pleuronema sp., Urocentrum sp., Spirostomum sp., Vorticella sp., Amphileptus sp.,	x
Barbora	x	3 Peridinium sp., Stentor sp., Climacostomum sp.,	x	3 Peranema sp., Tetrahymena sp.,Stentor sp.,	x	4 Peridinium sp., Vorticella sp., Stentor sp., Climacostomum sp.,	x	2 Stentor sp., Climacostomum sp.,	x	x	2 Stentor sp., Climacostomum sp.,	x

Příloha 2 – obrázky; *kresby: Barbora Jelínková*[9]

Obrázek 6. Arcella



Obrázek 7. Ceratinum

Obrázek 8. Coleps

Obrázek 9. Climacostomum

[9] Nejsou zachovány poměry velikostí.

Obrázek 10. Eugleny

Obrázek 11. Gymnodinium

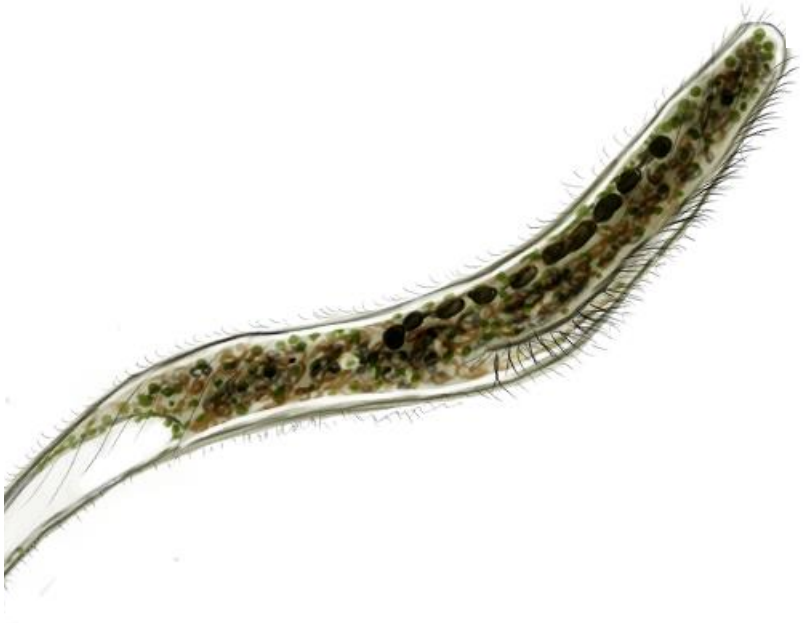
Obrázek 12. Halteria

Obrázek 13. Loxodes

Obrázek 14. Lacrymaria

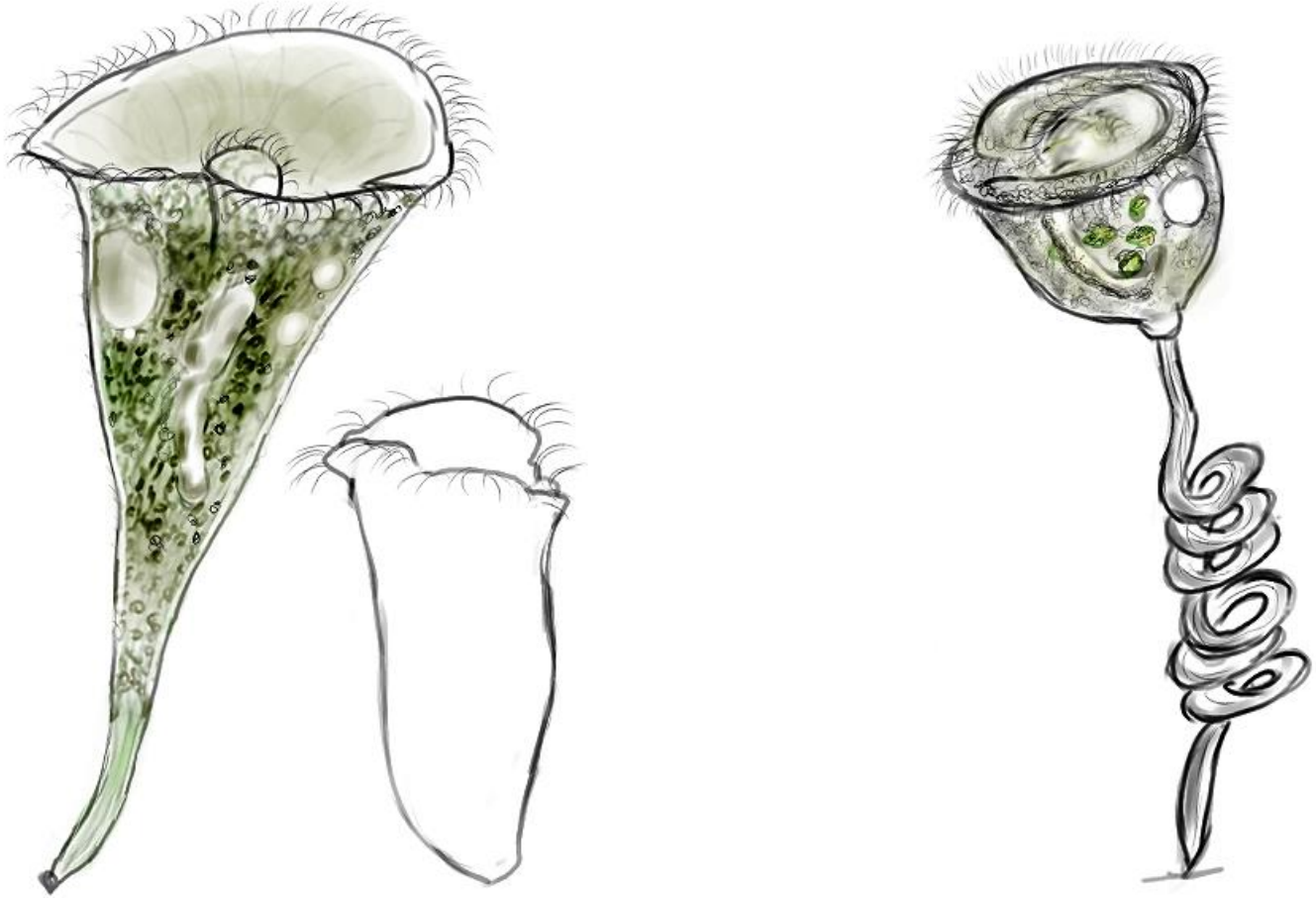
Obrázek 15. Paramecium

Obrázek 16. Peridinium



Ob

Ob



Obrázek 19: Stentor

Příloha 3- vlastní fotografie vybraných prvoků

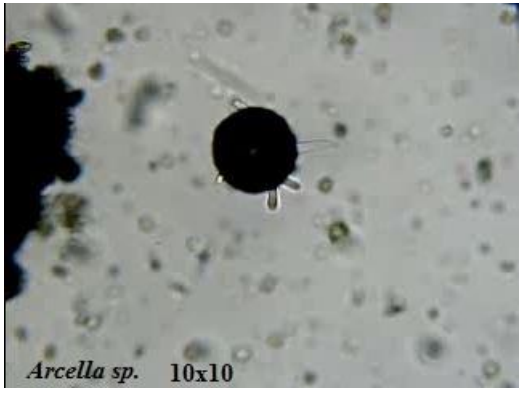
Obrázek 21. Anisonema sp.

Obrázek 22. Acanthocystis sp.

Obrázek 23. Actinophrys sp.

Obrázek 24. Chaenea sp.

Obrázek 25. Aspidisca sp.



Obrázek 26. Arcella sp.